

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

Jc921 U.S. PRO
09/994861
11/28/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年11月29日

出願番号
Application Number:

特願2000-363225

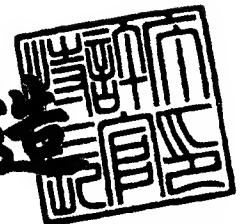
出願人
Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年 6月12日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3055011

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-01022

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 渋谷 真人

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 谷津 修

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100095256

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山口 孝雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 033020

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9302511

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源手段からの光束に基づいて第 1 多数光源を形成するための第 1 オプティカルインテグレータと、前記第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレータとを備え、前記第 2 多数光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記第 1 オプティカルインテグレータと前記第 2 オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記第 2 多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系と、

前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】 光源手段からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、

前記光源手段からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子と、

前記光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 3】 前記縦横比変更素子は、光軸を中心として回転可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明光学装置。

【請求項 4】 前記縦横比変更素子は、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の第 1 方向に沿った入射角度を変化させるための第 1 縦横比変更素子と、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の前記第 1 方向と直

交する第2方向に沿った入射角度を変化させるための第2縦横比変更素子とを有することを特徴とする請求項1または2に記載の照明光学装置。

【請求項5】 前記縦横比変更素子は、前記所定方向に沿って凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、該第1プリズムの前記凹状断面の屈折面と相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとを有し、前記第1プリズムおよび前記第2プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項6】 前記第1プリズムの前記凹状断面は、V字状の形状を有することを特徴とする請求項5に記載の照明光学装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか1項に記載の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項8】 請求項7に記載の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、オブティカルインテグレータとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデ

ンサーレンズに入射する。

【0003】

コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、フライアイレンズの後側焦点面に円形状の二次光源を形成し、その大きさを変化させて照明のコヒーレンシ σ （ σ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径、あるいは σ 値＝照明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数）を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの後側焦点面に輪帯状や4極状の二次光源を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

【0005】

しかしながら、上述のような従来技術では、円形状の二次光源に基づく通常の円形照明の場合も、輪帯状や4極状の二次光源に基づく変形照明（輪帯照明や4極照明）の場合も、被照射面であるマスク上の一点に入射する光束の断面形状がマスク上の直交する二方向に関して同じ位置関係にある。換言すると、従来技術では、被照射面上の直交する二方向で照明条件が同じである。その結果、マスクパターンに方向性がある場合、マスク上の直交する二方向で最適な照明条件を実現することができない。

【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することのできる、照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置を提供することを目的とする。また、本発明は、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定するこ

とのできる露光装置を用いて、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することのできるマイクロデバイスの製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第 1 発明では、光源手段からの光束に基づいて第 1 多数光源を形成するための第 1 オプティカルインテグレータと、前記第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレータとを備え、前記第 2 多数光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記第 1 オプティカルインテグレータと前記第 2 オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記第 2 多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系と、

前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【 0 0 0 8 】

本発明の第 2 発明では、光源手段からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、

前記光源手段からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子と、

前記光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【 0 0 0 9 】

第 1 発明または第 2 発明の好ましい態様によれば、前記縦横比変更素子は、光軸を中心として回転可能に構成されている。あるいは、前記縦横比変更素子は、

前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の第 1 方向に沿った入射角度を変化させるための第 1 縦横比変更素子と、前記オプティカルインテグレータまたは前記第 1 オプティカルインテグレータへの入射光束の前記第 1 方向と直交する第 2 方向に沿った入射角度を変化させるための第 2 縦横比変更素子とを有することが好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、第 1 発明の好ましい態様によれば、前記縦横比変更素子は、前記所定方向に沿って凹状断面の屈折面を有する第 1 プリズムと、該第 1 プリズムの前記凹状断面の屈折面と相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第 2 プリズムとを有し、前記第 1 プリズムおよび前記第 2 プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されている。この場合、前記第 1 プリズムの前記凹状断面は、V 字状の形状を有することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 3 発明では、第 1 発明または第 2 発明の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 4 発明では、第 3 発明の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

本発明の典型的な実施形態においては、たとえば回折光学素子のような光束変換素子により、光源手段からの光束を 4 極状や輪帯状の光束に変換する。この 4 極状や輪帯状の光束は、所定の光学系により集光され、光軸に対して斜め方向から、マイクロフライアイレンズまたはマイクロレンズアレイ（以下、「マイクロフライアイ」という）のような第 1 オプティカルインテグレータへ入射する。こうして、マイクロフライアイにより第 1 多数光源が形成される。第 1 多数光源か

らの光束は、所定の光学系を介した後、フライアイレンズのような第2オプティカルインテグレータにより、第2多数光源すなわち4極状や輪帯状の二次光源を形成する。

【0014】

本発明では、マイクロフライアイへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために、入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を備えている。縦横比変更素子は、たとえば所定方向に沿ってV字状の凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、この第1プリズムのV字状の凹状断面の屈折面と相補的に形成されたV字状の凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとを有する。そして、第1プリズムおよび第2プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されている。

【0015】

したがって、第1プリズムの凹状屈折面と第2プリズムのV字状の凸状屈折面との間隔を変化させると、4極状や輪帯状の二次光源の全体の大きさが所定方向に沿って変化する。その結果、本発明の照明光学装置では、被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することができる。したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができ、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【0016】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハ面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハ面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。なお、図1では、照明光学装置が4極照明を行うように設定されている。

【0017】

図1の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源1として、たとえば248nm（KrF）または193nm（ArF）の波長の光を供給するエキ

シマレーザ光源を備えている。光源 1 から Z 方向に沿って射出されたほぼ平行光束は、X 方向に沿って細長く延びた矩形状の断面を有し、一対のレンズ 2 a および 2 b からなるビームエキスパンダー 2 に入射する。各レンズ 2 a および 2 b は、図 1 の紙面内（Y Z 平面内）において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダー 2 に入射した光束は、図 1 の紙面内において拡大され、所定の矩形状の断面を有する光束に整形される。

【 0 0 1 8 】

整形光学系としてのビームエキスパンダー 2 を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラー 3 で Y 方向に偏向された後、4 極照明用の回折光学素子（DOE）4 に入射する。一般に、回折光学素子は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。4 極照明用の回折光学素子 4 に入射した光束は、光軸 A X を中心として等角度で特定の 4 つの方向に沿って回折され、4 つの光束すなわち 4 極状の光束となる。このように、回折光学素子 4 は、光源 1 からの光束を 4 極状の光束に変換するための光束変換素子を構成している。

【 0 0 1 9 】

なお、回折光学素子 4 は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、輪帯照明用の回折光学素子 4 a や通常円形照明用の回折光学素子 4 b と切り換え可能に構成されている。輪帯照明用の回折光学素子 4 a および通常円形照明用の回折光学素子 4 b の構成および作用については後述する。ここで、4 極照明用の回折光学素子 4 と輪帯照明用の回折光学素子 4 a と通常円形照明用の回折光学素子 4 b との間の切り換えは、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する第 1 駆動系 2 2 により行われる。

【 0 0 2 0 】

回折光学素子 4 を介して形成された 4 極状の光束は、アフォーカルズームレンズ 5 に入射し、瞳面に 4 つの点像（点状の光源）を形成する。この 4 つの点像からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルズームレンズ 5 から射出され、マイクロフライアイ 6 に入射する。なお、アフォーカルズームレンズ 5 は、回折光学素子 4 とマイクロフライアイ 6 の入射面とを光学的にほぼ共役な関係に維持し

、且つアフォーカル系（無焦点光学系）を維持しながら、所定の範囲で倍率を連続的に変化させることができるように構成されている。ここで、アフォーカルズームレンズ5の倍率変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第2駆動系23により行われる。

【0021】

こうして、マイクロフライアイ6の入射面には、光軸AXに対してほぼ対称に斜め方向から光束が入射する。マイクロフライアイ6は、稠密に且つ縦横に配列された多数の正六角形状の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロフライアイは、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

【0022】

ここで、マイクロフライアイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロフライアイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズが互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロフライアイはフライアイレンズと同じである。なお、図1では、図面の明瞭化のために、マイクロフライアイ6を構成する微小レンズの数を実際よりも非常に少なく表している。

【0023】

したがって、マイクロフライアイ6に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、各微小レンズの後側焦点面にはそれぞれ1つの4点状の光源が形成される。このように、マイクロフライアイ6は、光源1からの光束に基づいて多数の光源からなる第1多数光源を形成するための第1オプティカルインテグレータを構成している。

【0024】

マイクロフライアイ6の後側焦点面に形成された多数の光源からの光束は、ズームレンズ7を介して、第2オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ8を重畳的に照明する。なお、ズームレンズ7は、所定の範囲で焦点距離を

連続的に変化させることのできる変倍光学系であって、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面とフライアイレンズ 8 の後側焦点面とを光学的にほぼ共役に結んでいる。換言すると、ズームレンズ 7 は、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面とフライアイレンズ 8 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に結んでいる。

【 0 0 2 5 】

したがって、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された多数の 4 点状の光源からの光束は、ズームレンズ 7 の後側焦点面に、ひいてはフライアイレンズ 8 の入射面に、光軸 A X に対して対称的に偏心した 4 つの照野からなる 4 極状の照野を形成する。この 4 極状の照野の大きさは、ズームレンズ 7 の焦点距離に依存して変化する。なお、ズームレンズ 7 の焦点距離の変化は、制御系 2 1 からの指令に基づいて動作する第 3 駆動系 2 4 により行われる。

【 0 0 2 6 】

フライアイレンズ 8 は、正の屈折力を有する多数のレンズエレメントを稠密に且つ縦横に配列することによって構成されている。なお、フライアイレンズ 8 を構成する各レンズエレメントは、マスク上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状の断面を有する。また、フライアイレンズ 8 を構成する各レンズエレメントの入射側の面は入射側に凸面を向けた球面状に形成され、射出側の面は射出側に凸面を向けた球面状に形成されている。したがって、フライアイレンズ 8 に入射した光束は多数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、光束が入射した各レンズエレメントの後側焦点面には多数の光源がそれぞれ形成される。

【 0 0 2 7 】

こうして、図 2 に示すように、フライアイレンズ 8 の後側焦点面には、フライアイレンズ 8 への入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸 A X に対して対称的に偏心した 4 つの実質的な面光源 3 1 ～ 3 4 からなる 4 極状の二次光源が形成される。このように、フライアイレンズ 8 は、第 1 オプティカルインテグレータであるマイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された第 1 多数光源からの光束に基づいてより多数の光源からなる第 2 多数光源を形成するための第 2 オプティカルインテグレータを構成している

【 0 0 2 8 】

フライアイレンズ 8 の後側焦点面に形成された 4 極状の二次光源からの光束は、必要に応じて 4 極状の光透過部を有する開口絞りを介して制限された後、コンデンサー光学系 9 の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク M を重疊的に照明する。マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 P L を介して、感光性基板であるウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系 P L の光軸 A X と直交する平面 (X Y 平面) 内においてウェハ W を二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハ W の各露光領域にはマスク M のパターンが逐次露光される。

【 0 0 2 9 】

なお、一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。この場合、マスク M 上での照明領域の形状は正方形に近い矩形状であり、フライアイレンズ 8 の各レンズエレメントの断面形状も正方形に近い矩形状となる。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながらウェハの各露光領域に対してマスクパターンをスキャン露光する。この場合、マスク M 上での照明領域の形状は短辺と長辺との比がたとえば 1 : 3 の矩形状であり、フライアイレンズ 8 の各レンズエレメントの断面形状もこれと相似な矩形状となる。

【 0 0 3 0 】

図 2 を再び参照すると、フライアイレンズ 8 の後側焦点面に形成される 4 極状の二次光源は、4 つの正六角形状の面光源 3 1 ~ 3 4 から構成されている。ここで、各面光源の中心 3 1 a ~ 3 4 a は光軸 A X から同じ距離だけ離れており、4 つの中心 3 1 a ~ 3 4 a を結んで形成される四角形は、光軸 A X を中心として X 方向および Z 方向に平行な辺を有する正方形である。すなわち、フライアイレンズ 8 により形成される 4 極状の二次光源は、X 方向および Z 方向に関して同じ位置関係にある。

【 0 0 3 1 】

したがって、被照射面であるマスクM上の任意の一点に入射する光束の断面形状も、X方向およびZ方向に関して同じ位置関係を有する4極状になる。換言すると、マスクM上の直交する二方向（X方向およびY方向）で照明条件が同じになる。そこで、本実施形態では、マスクM上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現するために、アフォーカルズームレンズ5の光路中に、一対のプリズム10aおよび10bからなるV溝アキシコン10を配置している。

【0032】

図3は、アフォーカルズームレンズの光路中に配置されたV溝アキシコンを構成する一対のプリズムの構成を概略的に示す図である。図1および図3に示すように、V溝アキシコン10は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つ被照射面側に凹状の屈折面を向けた第1プリズム10aと、被照射面側に平面を向け且つ光源側に凸状の屈折面を向けた第2プリズム10bとから構成されている。第1プリズム10aの凹状屈折面10cは、X方向に平行な2つの平面から構成され、Z方向に沿ってV字状の凸状断面を有する。

【0033】

第2プリズム10bの凸状屈折面10dは、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと互いに当接可能なように、換言すると第1プリズム10aの凹状屈折面10cと相補的に形成されている。すなわち、第2プリズム10bの凹状屈折面10dは、X方向に平行な2つの平面から構成され、Z方向に沿ってV字状の凹状断面を有する。また、第1プリズム10aおよび第2プリズム10bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔が可変に構成されている。

【0034】

なお、V溝アキシコン10の間隔の変化、すなわち凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第4駆動系25により行われる。また、制御系21には、ステップ・アンド・リピート方式またはステップ・アンド・スキャン方式にしたがって順次露光すべき各種のマスクに関する情報などがキーボードなどの入力手段20を介して入力される。

【0035】

ここで、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと第2プリズム10bの凸状屈折面10dとが互いに当接している状態では、V溝アキシコン10は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと第2プリズム10bの凸状屈折面10dとを離間させると、V溝アキシコン10はX方向に沿って平行平板として機能するが、Z方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。

【0036】

したがって、凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔の変化に伴って、マイクロフライアイ6への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化しないが、マイクロフライアイ6への入射光束のY方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図2における各面光源31～34の中心31a～34aは、X方向には移動しないがZ方向に移動する。このように、V溝アキシコン10は、マイクロフライアイ6への入射光束のY方向に沿った入射角度を変化させるために入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を構成している。

【0037】

図4は、V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が4極状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。図4(a)に示すように、V溝アキシコン10の間隔が零のとき、すなわち凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとが互いに当接しているとき、4極状の二次光源を構成する各面光源はX方向およびZ方向に関して同じ位置関係に形成される。そして、V溝アキシコン10の間隔を零から所定の大きさに変化させると、図4(b)に示すように、各面光源はその形状および大きさを変えることなくZ方向に移動し、各面光源の中心のX方向に沿った間隔は変化しないがZ方向に沿った間隔は拡大する。

【0038】

また、V溝アキシコン10の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ5の倍率の変化させると、図4(c)に示すように、各面光源はその形状および大きさを変えることなくX方向およびZ方向に同じ距離だけ移動し、各面光源の間隔は拡大または縮小する。さらに、V溝アキシコン10の間隔が零の状態

において、ズームレンズ 7 の焦点距離の変化させると、図 4 (d) に示すように、4 極状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、各面光源はその形状を変えることなくその大きさが拡大または縮小するとともに、各面光源が X 方向および Z 方向に同じ距離だけ移動する。なお、レーザー照射によるプリズム部材 10 a および 10 b の劣化を回避するために、アフォーカルズームレンズ 5 の光路中において 4 つの点像が形成される集光点から間隔を隔ててプリズム部材 10 a および 10 b を配置することが好ましい。

【 0 0 3 9 】

ところで、前述したように、回折光学素子 4 は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ輪帯照明用の回折光学素子 4 a や通常円形照明用の回折光学素子 4 b と切り換え可能に構成されている。以下、回折光学素子 4 に代えて回折光学素子 4 a を照明光路中に設定することによって得られる輪帯照明について簡単に説明する。

【 0 0 4 0 】

4 極照明用の回折光学素子 4 に代えて輪帯照明用の回折光学素子 4 a を照明光路中に設定すると、回折光学素子 4 a を介して輪帯状の光束が形成される。回折光学素子 4 a を介して形成された輪帯状の光束は、アフォーカルズームレンズ 5 に入射し、瞳面にリング状の像（リング状の光源）を形成する。このリング状の像からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルズームレンズ 5 から射出され、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に第 1 多数光源を形成する。

【 0 0 4 1 】

マイクロフライアイ 6 により形成された第 1 多数光源からの光束は、ズームレンズ 7 を介してフライアイレンズ 8 の入射面に、光軸 A X を中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、フライアイレンズ 8 の後側焦点面には、入射面に形成された照野とほぼ同じ光強度を有する二次光源、すなわち光軸 A X を中心とした輪帯状の二次光源が形成される。

【 0 0 4 2 】

図 5 は、V 溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が輪帯状の二次光源に及ぼす影響を模

式的に説明する図である。図 5 (a) に示すように、V 溝アキシコン 10 の間隔が零のとき、すなわち凹状屈折面 10 c と凸状屈折面 10 d とが互いに当接しているとき、輪帯状の二次光源を構成する各面光源は X 方向および Z 方向に関して同じ位置関係に形成される。そして、V 溝アキシコン 10 の間隔を零から所定の大きさに変化させると、図 5 (b) に示すように、輪帯状の二次光源はその幅を変えることなく、輪帯状の二次光源の全体の大きさが Z 方向に拡大し、Z 方向に延びた楕円環状の二次光源となる。

【 0 0 4 3 】

また、V 溝アキシコン 10 の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率の変化させると、図 5 (c) に示すように、輪帯状の二次光源はその幅を変えることなく、その外径（大きさ）が拡大または縮小する。さらに、V 溝アキシコン 10 の間隔が零の状態において、ズームレンズ 7 の焦点距離の変化させると、図 5 (d) に示すように、輪帯状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、輪帯状の二次光源の幅および外径がともに拡大または縮小する。

【 0 0 4 4 】

次いで、回折光学素子 4 または 4 a に代えて円形照明用の回折光学素子 4 b を照明光路中に設定することによって得られる通常円形照明について説明する。円形照明用の回折光学素子 4 b は、入射した矩形状の光束を円形状の光束に変換する機能を有する。したがって、回折光学素子 4 b により形成された円形状の光束は、アフォーカルズームレンズ 5 によりその倍率に応じて拡大または縮小され、マイクロフライアイ 6 に入射する。

【 0 0 4 5 】

こうして、マイクロフライアイ 6 の後側焦点面には、第 1 多数光源が形成される。マイクロフライアイ 6 の後側焦点面に形成された第 1 多数光源からの光束は、ズームレンズ 7 を介して、フライアイレンズ 8 の入射面において光軸 A X を中心とした円形状の照野を形成する。その結果、フライアイレンズ 8 の後側焦点面にも、光軸 A X を中心とした円形状の二次光源が形成される。

【 0 0 4 6 】

この場合、V溝アキシコン10の間隔を零から所定の大きさに変化させると、円形状の二次光源はZ方向に拡大し、Z方向に延びた楕円状の二次光源となる。また、V溝アキシコン10の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ5の倍率の変化させるか、あるいはズームレンズ7の焦点距離の変化させると、円形状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、円形状の二次光源の外径（大きさ）が拡大または縮小する。

【0047】

以上のように、本実施形態では、V溝アキシコン10の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさがX方向には変化することなくZ方向に変化する。その結果、マスクM上の直交する二方向（X方向およびY方向）で互いに異なる照明条件を実現することができ、ひいてはパターンに方向性があるマスクM上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができる。

【0048】

なお、上述の説明では、図6（a）に示すように、V字状の凹状断面を有する第1プリズムとV字状の凸状断面を有する第2プリズムとでV溝アキシコン10を構成している。しかしながら、これに限定されることなく、図6（b）に示すように、V字状の凹状断面および凸状断面の頂点近傍を光軸AXに垂直な平面状に形成することもできる。また、輪帯照明または円形照明において外形が比較的円滑な楕円環状の二次光源または楕円状の二次光源を得るには、図6（c）に示すように、V字状の凹状断面および凸状断面の頂点近傍を円筒形状に形成することが好ましい。

【0049】

また、上述の説明では、V溝アキシコン10の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさをX方向には変化させることなくZ方向に変化させている。しかしながら、図7（a）に示すように、V溝アキシコン10を光軸AXを中心として回転可能に構成することにより、二次光源の全体の大きさを所望の方向（たとえばX方向など）に変化させることもできる。

【0050】

また、図7（b）に示すように、作用方向が互いに直交する2組のV溝アキシ

コンを配置することにより、二次光源の全体の大きさをX方向およびZ方向にそれぞれ独立に変化させることもできる。この場合、2組のV溝アキシコンを一体的にあるいは独立に光軸AXを中心として回転可能に構成することにより、二次光源の全体の大きさを任意の直交する二方向または任意の二方向にそれぞれ独立に変化させることもできる。

【0051】

上述の各実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図8のフローチャートを参照して説明する。

【0052】

先ず、図8のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、上述の実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

【0053】

また、上述の実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のバ

ターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図9のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図9において、パターン形成工程401では、上述の実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レチクル剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

【0054】

次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

【0055】

その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

【0056】

なお、上述の実施形態においては、光束変換素子としての回折光学素子 4、4 a および 4 b を、たとえばターレット方式で、あるいは公知のスライダ機構を利用して、照明光路中に位置決めするように構成することができる。

【0057】

また、上述の実施形態では、マイクロフライアイ 6 を構成する微小レンズの形状を正六角形に設定している。これは、円形状の微小レンズでは、稠密に配列を行うことができず光量損失が発生するため、円形に近い多角形として正六角形を選定しているからである。しかしながら、マイクロフライアイ 6 を構成する各微小レンズの形状はこれに限定されることなく、たとえば矩形状を含む他の適当な形状を用いることができる。

【0058】

さらに、上述の実施形態では、通常の円形照明を行う際に回折光学素子 4 b を照明光路中に位置決めしているが、この回折光学素子 4 b の使用を省略することもできる。また、上述の実施形態では、光束変換素子として回折光学素子を用いているが、これに限定されることなく、たとえばマイクロフライアイや微小プリズムアレイなどを用いることもできる。ところで、本発明で利用することのできる回折光学素子に関する詳細な説明は、米国特許第 5, 8 5 0, 3 0 0 号公報などに開示されている。

【0059】

さらに、上述の実施形態では、変形照明において 4 極状や輪帯状の二次光源を例示的に形成しているが、光軸に対して偏心した 2 つの面光源からなる 2 極状の二次光源や、光軸に対して偏心した 8 つの面光源からなる 8 極状の二次光源のような、いわゆる複数極状あるいは多極状の二次光源を形成することもできる。

【0060】

なお、上述の実施形態においては、二次光源からの光をコンデンサー光学系 9 によって集光して重疊的にマスク M を照明する構成としているが、コンデンサー光学系 9 とマスク M との間に、照明視野絞り（マスクブラインド）と、この照明視野絞りの像をマスク M 上に形成するリレー光学系とを配置しても良い。この場合、コンデンサー光学系 9 は、二次光源からの光を集光して重疊的に照明視野絞

りを照明することになり、リレー光学系は、照明視野絞りの開口部（光透過部）の像をマスクM上に形成することになる。

【0061】

また、上述の実施形態においては、フライアイレンズ8を、複数の要素レンズを集積して形成しているが、これらをマイクロフライアイとすることも可能である。マイクロフライアイは、前述したように、光透過性基板にエッチングなどの手法により複数の微少レンズ面をマトリックス状に設けたものである。複数の光源像を形成する点に関して、フライアイレンズとマイクロフライアイとの間に機能上の差異は実質的には無いが、1つの要素レンズ（微少レンズ）の開口の大きさを極めて小さくできること、製造コストを大幅に削減できること、光軸方向の厚みを非常に薄くできることなどの点で、マイクロフライアイが有利である。

【0062】

さらに、上述の実施形態では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

【0063】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の照明光学装置では、オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために、入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を備えている。したがって、この縦横比変更素子の作用により、二次光源の全体の大きさを所定方向に沿って変化させることができ、ひいては被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することができる。

【0064】

したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができ、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】

フライアイレンズの後側焦点面に形成される 4 極状の二次光源の構成を概略的に示す図である。

【図 3】

アフォーカルズームレンズの光路中に配置された V 溝アキシコンを構成する一対のプリズムの構成を概略的に示す図である。

【図 4】

V 溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が 4 極状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。

【図 5】

V 溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が輪帯状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。

【図 6】

V 溝アキシコンの屈折面形状に関する変形例を示す図である。

【図 7】

V 溝アキシコンの回転および組み合わせに関する変形例を示す図である。

【図 8】

マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図 9】

マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 光源
- 4 回折光学素子

5 アフォーカルズームレンズ

6 マイクロフライアイ

7 ズームレンズ

8 フライアイレンズ

9 コンデンサー光学系

1 0 V溝アキシコン

M マスク

P L 投影光学系

W ウェハ

2 0 入力手段

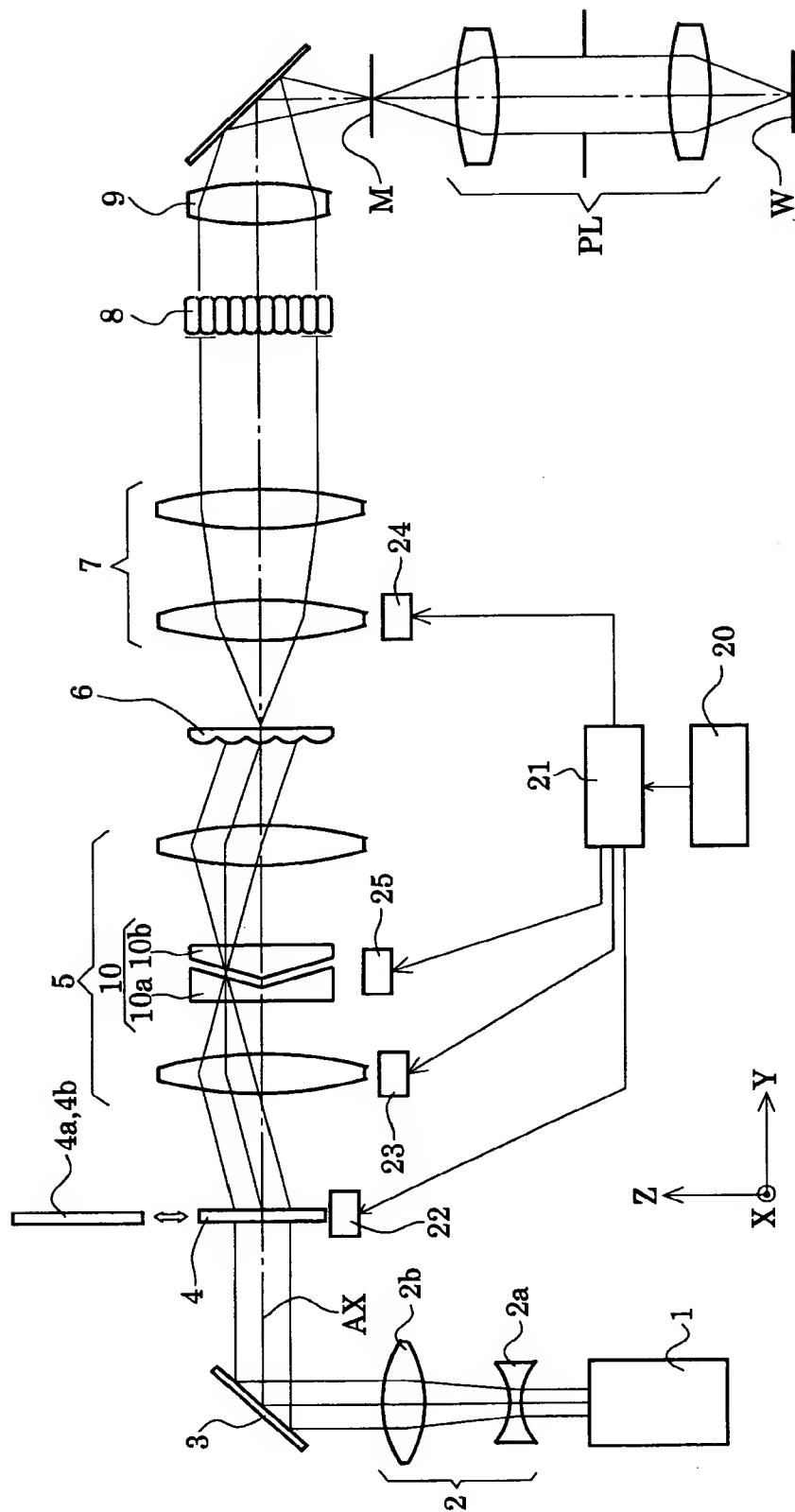
2 1 制御系

2 2 ～ 2 5 駆動系

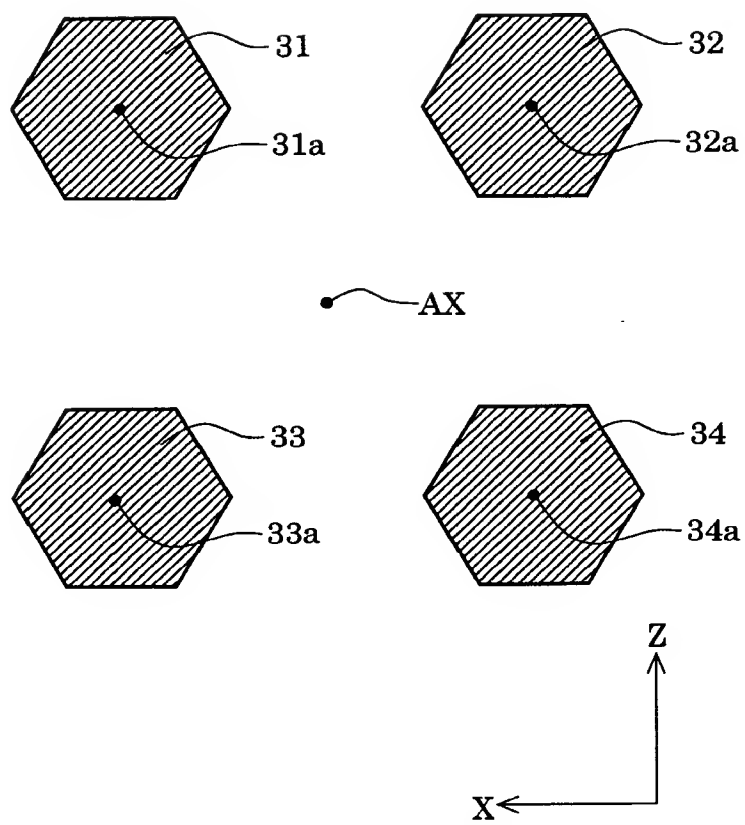
【書類名】

図面

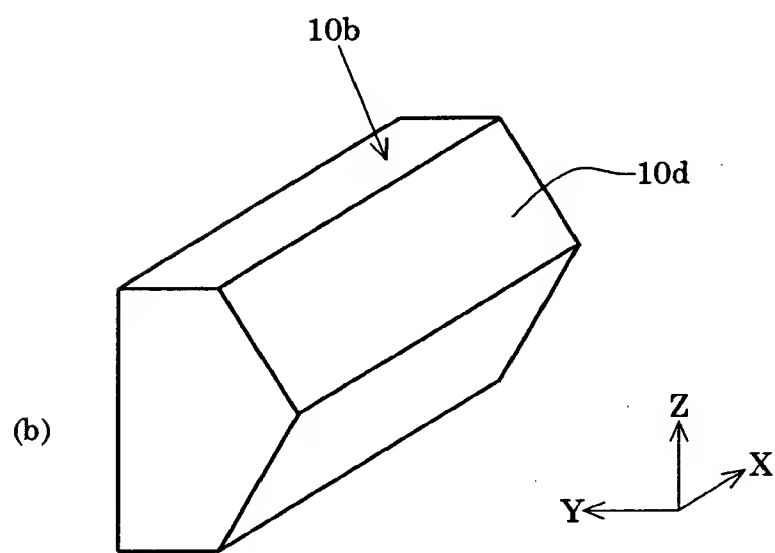
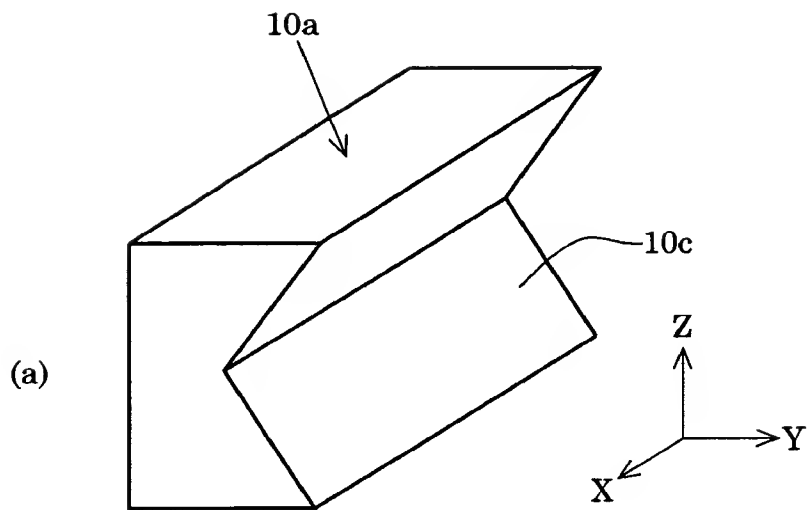
【図 1】



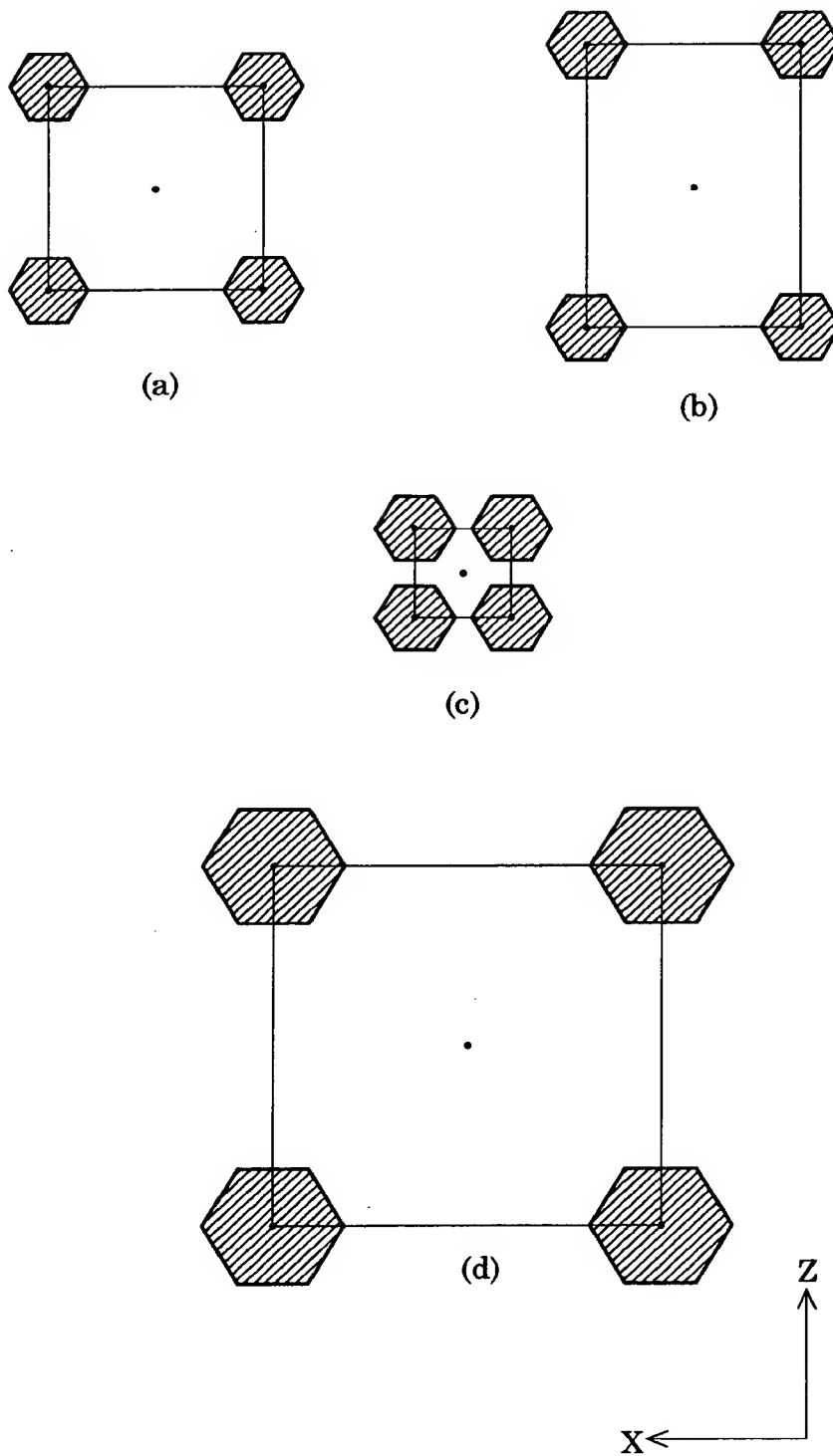
【図 2】



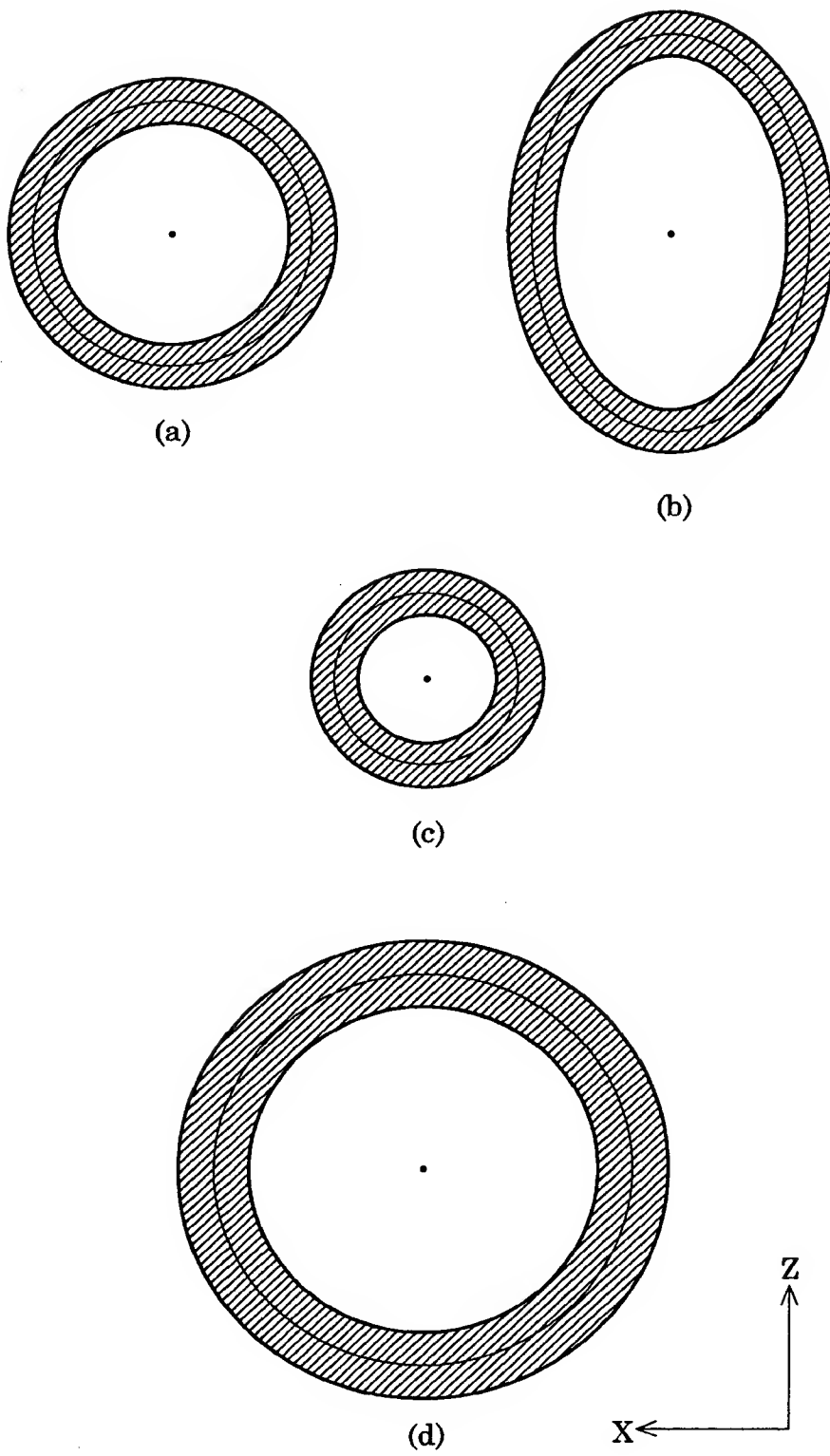
【図 3】



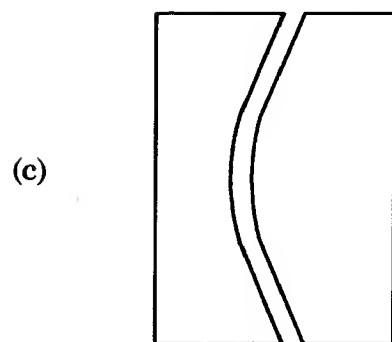
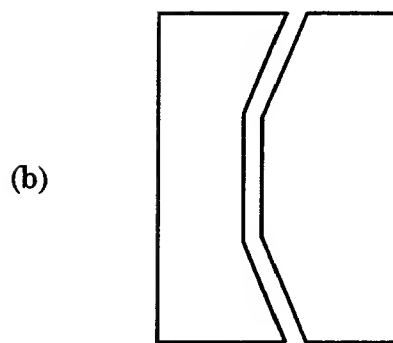
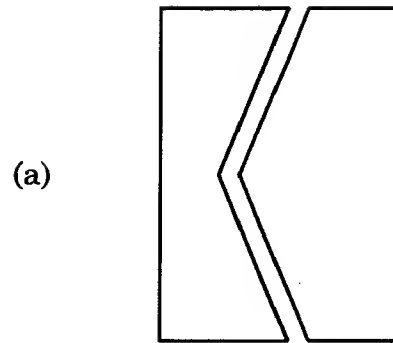
【図 4】



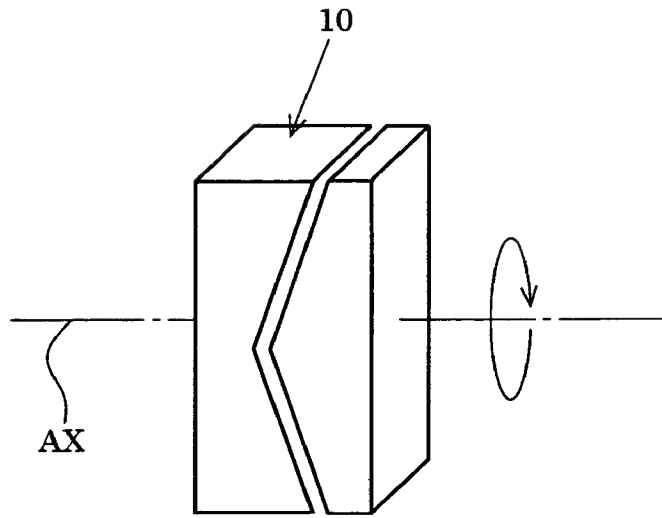
【図 5】



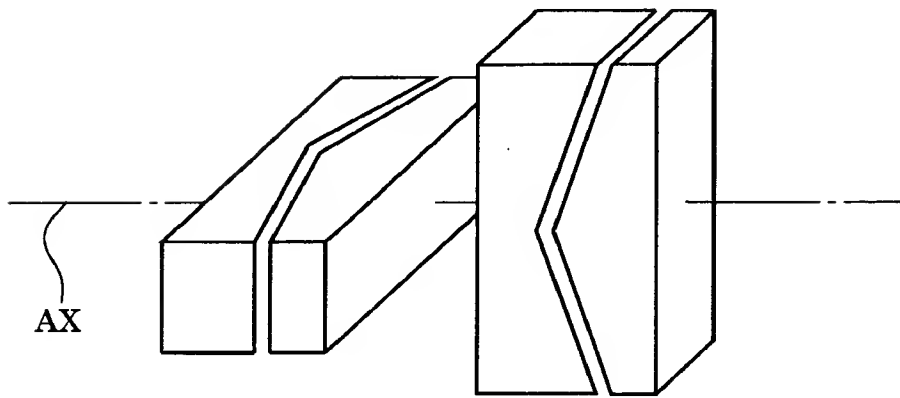
【図 6】



【図 7】

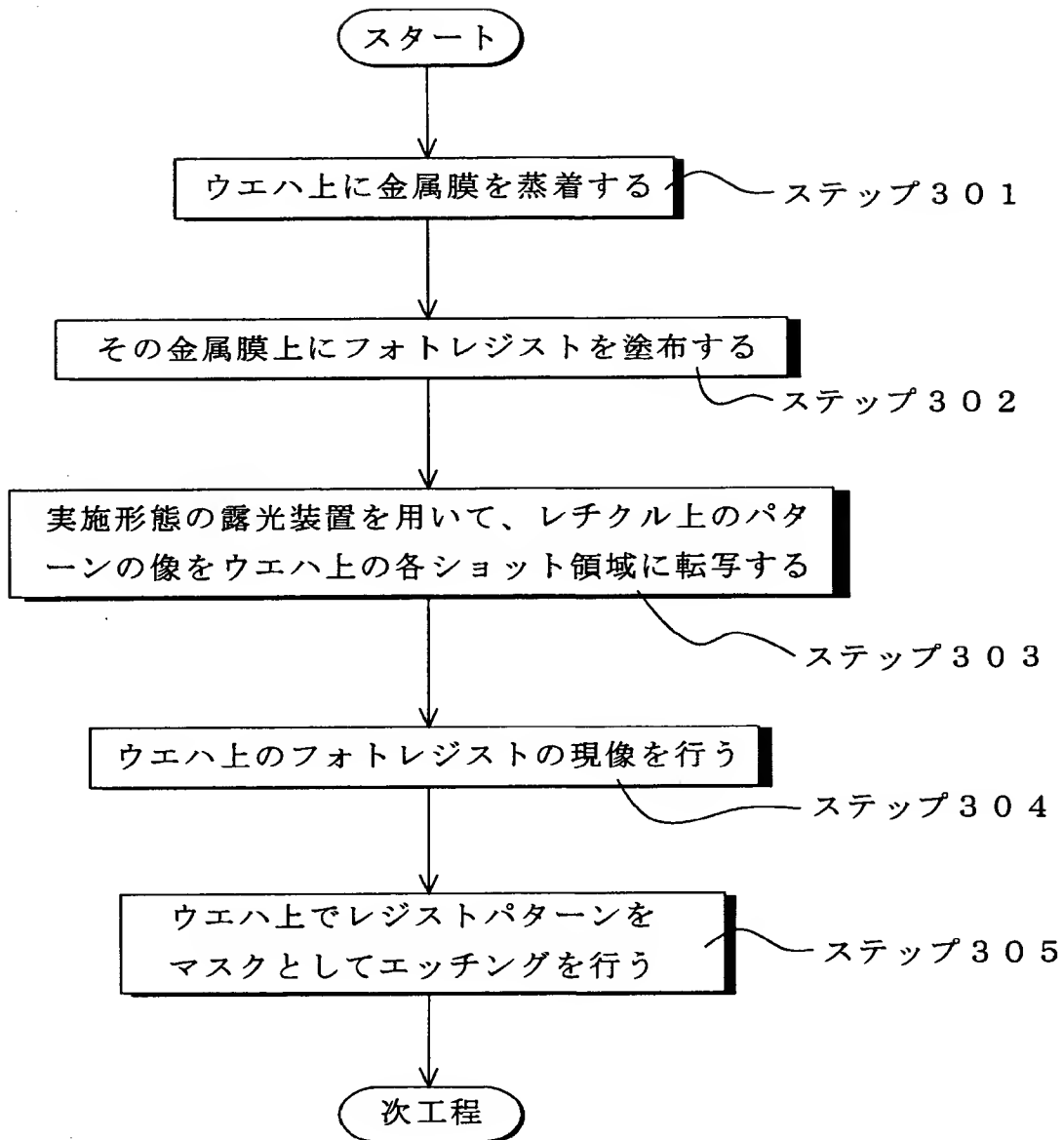


(a)

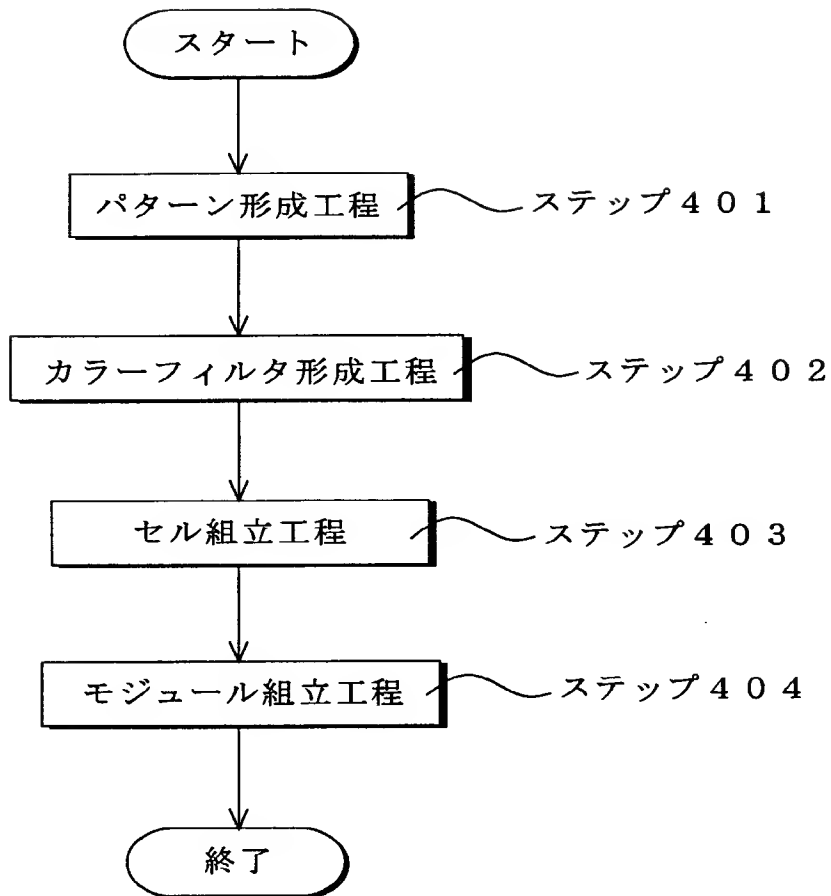


(b)

【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することのできる照明光学装置。

【解決手段】 光源手段（１）からの光束に基づいて第１多数光源を形成するための第１オプティカルインテグレータ（６）と、第１多数光源からの光束に基づいてより多数の第２多数光源を形成するための第２オプティカルインテグレータ（８）との間の光路中に、第２多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系（７）が配置されている。また、第１オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子（１０）を備えている。

【選択図】 図１

特 2 0 0 0 - 3 6 3 2 2 5

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 3 6 3 2 2 5
受付番号	5 0 0 0 1 5 3 8 1 5 8
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 2 年 1 1 月 3 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成12年11月29日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
氏 名	株式会社ニコン